心理科学进展 2023, Vol. 31, No. 1, 20–32
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2023.00020

·研究构想(Conceptual Framework)·

自闭症谱系障碍社交动机理论：机制及干预探索*

寇 娟 杨梦圆 魏子杰 雷 怡

(四川师范大学脑与心理科学研究院，成都 610000)

摘 要 自闭症谱系障碍(Autism Spectrum Disorder, ASD)表现为社会交往困难以及重复刻板兴趣或行为。社交动机理论提出 ASD 个体是由于社交动机缺乏导致的社交障碍。目前该理论缺乏理论元素及结构关系的系统论证，及基于此理论的低龄 ASD 儿童群体的研究证据。本研究拟采用心理实验法、眼动及近红外脑成像技术，探索低龄 ASD 儿童早期社交奖赏、社交定向异常眼动标记及眶额叶脑区活动的神经机制。此外，通过音乐奖赏强化学习的干预方式改善该理论的核心元素(社交奖赏)，观测能否改善 ASD 儿童的社交动机。本研究的开展有望对该理论进行系统验证，并形成改善社交行为的潜在干预方案。

关键词 自闭症谱系障碍，社交动机理论，眼动，近红外脑成像，音乐奖赏干预
分类号 R395

1 问题提出

自闭症谱系障碍(Autism Spectrum Disorder, ASD)是一种在儿童或童年早期发病的神经发育性疾病，罹患 ASD 的个体表现出长期的社会交往困难以及重复刻板兴趣或行为(American Psychiatric Association, 2013)。在国内 ASD 患病率的最新报告指出中国目前的患病率与西方国家相近，学龄期约为 1% (Sun et al., 2019)。目前在中国有超过一千万人罹患 ASD，ASD 个体大多精神残疾且生活不能自理，该疾病导致的家庭、社会及医疗费用非常的高昂(Li et al., 2011)。随着 ASD 发病率在全球范围内的不断上升(Chiarotti & Venerosi, 2020)，中国政府对这一疾病的重视程度已经上升到了国家科学技术战略层面上的布局与调整。中国十三五及十四五规划脑科学与类脑研究中明确提出脑重大疾病诊治的发展框架，其中主要关注了三种疾病：儿童自闭症谱系障碍、成年人抑郁症以及老年人的阿尔兹海默症，儿童自闭症谱系障碍受到了重点关注。

早在 1938 年研究人员就发现了 ASD 这一疾病(Kanner, 1943)，近年来随着全球发病率的不断上升，越来越多的研究者开始对其发病机制和干预治疗措施进行系统的研究。目前，该领域的研究取得了一定的进展，有研究者对 ASD 的患病机制提出了社会认知领域的框架假设，比如：心理理论受损假设(Theory of Mind, ToM) (Andreou & Skrimpa, 2020)，“碎镜理论”框架假设(Yates & Hobson, 2020; 潘威 等, 2016)等。心理理论受损假设认为 ASD 个体是由于认知层面心理理论的发育异常导致其患病，症状表现为 ASD 个体难以理解他人的观点或兴趣，对他人的观点采择与意图加工困难(Andreou & Skrimpa, 2020)；“碎镜理论”认为是认知过程中潜在自动的直觉感知成分(自动化的情绪或动作等的模仿与识别)受损导致其患病(Yates & Hobson, 2020; 潘威 等, 2016)。对于认知领域受损的这两项理论假设，有研究者提出质疑。研究者指出在儿童心理理论发展形成前，ASD 幼儿阶段就有表现出社交动机的缺损(Elsabbagh et al., 2012)；此外，最近的综述研究从脑电图(Electroencephalography, EEG)、经颅磁刺激(Transcranial magnetic stimulation, TMS)及功能磁共振成像

收稿日期：2022-05-25
* 国家自然科学基金项目(32100893)及广东省“脑科学与类脑研究”重大科技专项(2018B030335001)资助。
通信作者：寇娟, E-mail: koujuan2012@foxmail.com;
雷怡, E-mail: leiyi821@vip.sina.com

(Functional magnetic resonance imaging, fMRI)的三大研究领域中均未找到一致的能证实 ASD 个体镜像神经元受损的证据(Yates & Hobson, 2020), 综述研究最终指出镜像神经元系统受损并不是 ASD 个体患病的必要条件(Yates & Hobson, 2020; 潘威 等, 2016)。实际上, 一项实证研究探索 189 名 ASD 儿童与正常对照儿童受试者认知能力、社交动机和社交能力之间的关系, 结果表明认知能力没有受损的 ASD 个体依然表现出社会交往能力的缺陷, 说明认知能力受损不是社交障碍的核心因素, 研究却发现社交动机越低社交能力受损越严重现象(Itskovich et al., 2021)。综上, 由于认知理论受损对 ASD 个体患病成因的解释存在局限与偏差, 而社交动机对社交能力有正向预测作用, 因此社交动机理论受到了越来越多的关注。该理论认为社交动机的缺乏是导致社交缺损的根本原因, Chevallier 最先提出社交动机理论(Chevallier, Kohls, et al., 2012), 后来在 Bottini 等人的元分析中进一步指出约 60%已有研究支持社交动机理论的假设(Bottini, 2018), 同年 Clements 团队的综述再次提出 ASD 个体存在降低的社交奖赏这一现象, 对社交动机理论进行了进一步拓展, 认为 ASD 个体对非社会性奖赏感知也有降低, 但表现出对重复刻板性兴趣或行为的奖赏增强(Clements et al., 2018)。

虽然目前 ASD 社交动机理论受到了诸多的国内外研究证据的支持和肯定(Abrams et al., 2013; Bottini, 2018; Clements et al., 2018; 王磊 等, 2021; 徐慧, 王滔, 2022), 但研究也指出该理论仍存在一些不足, 比如: 社交动机理论中组成成分尚无定论, 在这些争议中, 有研究者认为社交动机理论中包含社交定向(Social Orienting) (Chevallier, Kohls, et al., 2012), 而有的研究者认为应该包含社交奖赏习得(Reward Learning) (Keifer et al., 2019)。在不同的观点中却都指出社交奖赏具有核心作用(Chevallier, Kohls, et al., 2012; Keifer et al., 2019)。其次, 成分之间的关系在已有的理论体系中尚未进行系统探讨。已有研究者并未提出各成分之间是如何影响社交动机(Chevallier, Kohls, et al., 2012; Keifer et al., 2019)。由于以上原因, 目前该理论体系缺乏具体、稳定、客观、统一的测量标准(Keifer et al., 2019)。然而, Uljarević 等人在解释 ASD 社交动机理论是否可循证时曾明确提出, 当下的解决方案在于需要在可操作的客观指标上下功夫(Uljarević et al., 2019)。此外, 研究者还提出已有关于社交动机的研究还缺乏不同群体的数据支持, 尤其缺乏低年龄段低认知功能群体的研究证据, 若能补充低龄 ASD 群体中的异常社交动机行为表现背后的神经机制的证据, 同时将脑信号与行为观察结合则有利于提高早期 ASD 个体识别的准确率, 也有利于对干预进行早期探索(王磊 等, 2021)。

关于改善社交动机的干预, 已有研究者在 ASD 儿童或有 ASD 患病风险的儿童群体中展开了临床治疗策略的探索, 采用行为干预及神经多肽催产素摄入等方式来提高社交动机从而改善社交行为(Bradshaw et al., 2017; Stavropoulos & Carver, 2013), 在对相关的临床研究进行综述总结时, 发现在这些干预中并没有以此理论模型为核心进行系统的动机改善探索, 而且发现没有直接测量社交动机的改善, 仅仅通过间接的测量其他社交行为(比如: 语言)来评定干预效果。

综合而言, 该理论缺乏系统的结构化的研究, 同时缺乏客观的测量标准及背后的脑机制支撑证据, 此外基于此理论的干预方案较少, 没有从社交奖赏的不同维度以及动态影响的过程进行增强社交动机干预的探索。

2 研究现状

2.1 ASD 社交动机理论已有研究探索

对社交动机理论的研究进行综述, 首先需要对社交动机理论涉及到的理论组成元素的已有研究进行总结。

Chevellier 等根据已有社交动机提出社交定向(Social Orienting)、社交奖赏(Social Reward)及社交维持(Social Maintaining)三大部分, 进一步在行为层面将社交奖赏细分为社交奖赏寻求与喜好(Seeking-Liking) (Chevallier, Kohls, et al., 2012); Keifer 等人提出 ASD 社交动机缺损主要表现为奖赏动机(趋向) (Reward Motivation:wanting)、奖赏加工(喜好) (Rewerd Processing:liking)、奖赏习得(Reward Learning)以及习惯养成(Habit Formation)这 4 个方面受损(Keifer et al., 2019)。以下将针对两种不同的解释中的各成分进行相似合并及差异分类, 分成社交奖赏(趋向与喜好)、社交定向、奖赏习得强化及社交维持习惯养成四部分, 并总结

表 1　社交动机理论的组成部分研究范式

组成	社交奖赏 (趋向与喜好)	社交定向	奖赏习得 强化	社交维持 习惯养成
概念	社交奖赏趋向表示个体对社会性刺激的渴望(愿意为之付出努力); 社交奖赏喜好表示社交奖赏刺激能给人带来积极的体验。因此，喜爱社交奖赏刺激(Dubey et al., 2015)。	个体自主的觉察和关注找寻周围环境中的社会性元素(Dawson et al., 2004)。	当奖赏出现或错过时，受试者调节行为以获得奖励的过程(Dayan & Berridge, 2014)。	社交维持表示个体对当前人际关系或社交行为的认可与维持(Dubey et al., 2015)。
行为范式	社交奖赏趋向测量范式(社交奖赏物的努力程度测量) (Treadway et al., 2009)。社交喜好测量为按键主观评定或选择评定对社交奖赏的喜爱程度(Watson et al., 2010)。	视觉搜索(社会性 vs.非社会性刺激(Chita-Tegmark, 2016; Frazier et al., 2018; Pierce et al., 2016; Kou et al., 2019)，点探测、空间线索情绪面孔注意偏向范式(Fan et al., 2020; 范晓壮 等, 2020)。	内隐学习任务(Scott-Van Zeeland et al., 2010)。	社交奉承行为范式(Chevallier, Molesworth, & Happé, 2012); 交友情景中满足他人期待行为范式(Scheeren et al., 2016)。
脑功能成像范式	社交奖赏延迟满足 fMRI 任务(Dichter et al., 2012) Go-noGo 金钱及社交奖赏任务(Kohls et al., 2013)，及奖赏图片观看脑电任务(Kohls et al., 2011)。	视觉搜索(面孔与卡通玩具)fMRI 范式(Grelotti et al., 2005)。	内隐学习 fMRI 任务(Scott-Van Zeeland et al., 2010)。	习惯学习 fMRI 任务(Tricomi et al., 2009)。

这四部分的行为及脑功能成像测量的已有范式(见表 1)。

以上研究范式中，在社交奖赏这一维度，行为方面主要通过主观评定按键或寻求奖励的努力程度进行测量(Treadway et al., 2009; Watson et al., 2010; Kim et al., 2020)，脑成像方面采用了奖赏延迟满足任务(Dichter et al., 2012)和奖赏图片观看任务(Kohls et al., 2011)。实际上，这些研究方案对于低龄或认知发展受限的 ASD 儿童大多难实现，仅有奖赏图片或视频观看任务有实际实现的可能。我们知道在奖赏的加工过程中对奖赏物是否有积极体验非常值得探索(Dubey et al., 2015)，因此本研究会关注和探索社交奖赏中的奖赏趋向与喜好这一核心因素。其次，在社交定向这一维度，已有研究中已经有较多的眼动标记的结果(Chita-Tegmark, 2016; Frazier et al., 2018; Pierce et al., 2016; Kou et al., 2019)。在这些结果中动态跳舞的儿童对比动态几何图形视觉搜索范式有较大的样本数据结果支撑，具有较好的疾病分类的效果(Chita-Tegmark, 2016; Pierce et al., 2016; Kou et al., 2019)。对于奖赏习得方面，已有研究采用内隐学习任务进行机制探索(Scott-Van Zeeland et al., 2010)，但目前尚未探索内隐奖赏学习是否能进一步用于干预。最后，对于社交维持方面，在高功能群体中采用了社交奉承行为范式(Chevallier, Molesworth, & Happé et al., 2012)和交友情景中满足他人期待行为范式(Scheeren et al., 2016)等，但这些范式对于低龄 ASD 儿童不适用。由于缺乏低龄儿童的社交维持及习惯养成相应的行为测量范式，目前仅在观察诊断评估工具 ADOS-2 中社交情感(Social affect, SA)分量表有相关测量。ADOS-2 中 SA 分量表测量社交互动的部分(Reciprocal social interaction)便紧紧围绕着社交维持的各方面，具体如下：在评估过程中儿童对评估人员或监护人的社交开启或社交维持的次数(Amount of social overtures/Maintenance of attention: Examiner; Amount of social overtures/Maintenance of attention: Parent/Caregiver); 社交开启及社交维持的质量(Quality of social overtures/response); 联合式注意的回应与开启(Spontaneous initiation of joint attention; Response to joint attention); 活动参与度(Level of engagement)等(Lord et al., 2012)。因此，在本研究中，将采用此工具测量低龄儿童社交行为维持。

2.1.1　奖赏面孔情绪加工异常标记

面孔情绪加工在社会人际交流和互动中起着非常关键的作用，迅速地感知与正确地识别面孔情绪，能实现对他人情绪做出正确的判断，进而顺利地开展人际交往活动。在眼动追踪标记上，

已有研究发现 ASD 儿童有受损的面孔情绪加工能力, 尤其是愉悦面孔的感知与积极体验。健康儿童(Typically Developing Children, TD)在注视到开心面孔时, 会表现出增大的瞳孔直径(Sepeta et al., 2012)。研究者提出, 增大的瞳孔直径这一指标与健康儿童在观看愉悦面孔时有更高的情绪唤醒、更强的奖赏体验有关。但是 ASD 儿童在观看愉悦面孔时, 却没有发现增大的瞳孔直径, 由此推导该群体的奖赏信息捕捉与体验更差(Sepeta et al., 2012)。此外, 另一项前人研究提出 ASD 儿童在觉察开心面孔时, 首次关注到开心面孔用时长也更长, 此现象可能表明该群体表现出了受损的社交奖赏的感知和觉察能力(Sato et al., 2017)。虽然, 后来的研究者将以上面孔范式和指标作为 ASD 个体社会性奖赏受损的一项重要参考, 但异常眼动追踪标记尚缺乏神经机制的探索, 若有对应的神经信号标记同步佐证眼动追踪标记, 势必能增强社交动机理论的说服力。

近年来随着功能磁共振成像技术(fMRI)的发展, 已有研究对于 ASD 个体社会性奖赏神经机制的探索, 常采用微笑面孔作为正确完成任务后的社会性奖赏反馈(Choi et al., 2015; Damiano et al., 2015; Scott-Van Zeeland et al., 2010; Kohls et al., 2018)。在早期, Scott-Van Zeeland 等人(2010)招募了 16 名 12.4 岁的高功能 ASD 男孩与 16 名正常对照男孩, 采用内隐的奖赏习得范式, 奖赏物为静态开心面孔奖赏或金钱奖赏, 在实验过程中采集了功能磁共振成像, 研究发现 ASD 儿童在奖赏条件前扣带回、腹侧前额叶皮层及纹状体激活程度显著低于正常儿童。后来的研究者采用了同 Scott-Van Zeeland 一样的实验范式, 但对实验中的性别变量进行了完善, 即同时招募了男性与女性受试者。结果发现, 男性在加工社交奖赏面孔时, 在腹侧纹状体和边缘系统等奖赏脑区有更低的激活, 但女性相关的奖赏脑区激活并没有显著降低(Lawrence et al., 2020)。后来的研究者采用不同的范式的研究得到相似的结论, 即 ASD 群体中奖赏相关的脑区(腹侧前额叶皮层、眶额叶皮层、腹侧纹状体(伏隔核)、腹侧前扣带回、杏仁核)激活程度明显低于正常发育(Choi et al., 2015; Clements et al., 2018; Kohls et al., 2013; Kohls et al., 2014)。有趣的是, 当 ASD 儿童观看社会性奖赏动态视频材料时, 奖赏系统激活程度并没有与对照组有显著差异, 因此推测动态的社会性刺激对 ASD 儿童更具奖赏价值, 容易引起儿童的关注, 能更真实的反应 ASD 儿童动机加工(Kohls et al., 2018)。此外, 对于脑机制探索的综述报告指出在奖赏期待与奖赏体验加工过程中涉及的主要异常脑区为额叶纹状体环路(包括眶额叶这一核心皮层奖赏脑区(Clements et al., 2018)), 该综述指出相关脑机制探索的研究对象主要为高功能成年人或青少年群体, 尚没有低龄及低认知功能 ASD 个体社交奖赏觉察及体验过程的异常脑机制探索。实际上 ASD 患病人群中, 低认知功能及低龄 ASD 个体占有很大的比例, 仅仅选择高功能 ASD 个体为研究对象可能会使研究结果的推导出现偏差(Russell et al., 2019)。此外, 对于动态与静态奖赏面孔在 ASD 个体与正常对照组之间是否存在差异, 还需要进一步验证。然而, 对奖赏异常脑机制的认知越清晰, 相关标记的越早发现才能有利于越早的进行干预, 早期的异常客观指标的探索最终也有助于客观的评判干预效果。脑机制相关研究缺乏的主要原因可能在于, 目前的脑 fMRI 研究实验环境对受试者要求过高(例如: 受试者不能头动过大, 必须安静地躺着注视屏幕等), 因此这一技术手段不能运用在低龄及低功能 ASD 人群中开展任务态的实验研究。事实上, 二十世纪出现的功能性近红外光谱成像技术手段(Functional Near-infrared Spectroscopy, fNIRS)为该问题的解决提供了可能。fNIRS 是一种对儿童及成年人以及特殊群体大脑皮层研究非常友好的研究技术。该成像技术无创、无噪音且对头动容忍性高(Yeung, 2021)。因此, 基于已有的磁共振成像结果, 采用 fNIRS 技术探索社交奖赏过程中皮层奖赏脑区(比如眶额叶)的神经机制, 在一定程度上有望填补该领域脑机制不明的空白。

2.1.2 奖赏肢体语言加工异常标记

姿势语言是一种社交交流方式, 在姿势语言中利用手指、手或头部等表答人际交流的信息。儿童的姿势语言通常分为指示性的与描述性的姿势(Iverson & Goldin-Meadow, 1998)。指示性的姿势语言通常是对当下环境的一种位置或物品的一种指示表达(Bates et al., 1975)。表征性的姿势是为了建立一种语境, 它们通常是标志性的, 用来传达动作或属性(例如: 在空中移动手臂表示飞机正在飞行)或传统的具有文化意义(例如: 挥手告别, 拍

手鼓掌表示鼓励支持认可)。正常儿童大概 1 岁左右就会有姿势语言的出现(Capone & McGregor, 2004; Crais et al., 2004)。实际上, 在 ASD 的诊断标准里包含了姿势语言加工缺陷(American Psychiatric Association, 2013), 而这一缺陷在早期 ASD 儿童识别中起着重要的作用(Zwaigenbaum et al., 2005)。因此, 该项能力不仅在 ASD 他评问卷 ADI-R (Autism Diagnostic Interview-Revised, ADI-R) (Rutter et al., 2003)中有相关体现而且在 ASD 诊断金标准自闭症谱系障碍诊断观察量表第二版(Autism Diagnostic Observation Schedule, second edition, ADOS-2)评估过程中也有体现(Lord et al., 2012)。

对于 ASD 个体姿势信息的加工, 以往研究中常采用抽象的生物运动点信息加工范式(Yang et al., 2016; Kou et al., 2019; Rutherford & Troje, 2012; Jack et al., 2017)。研究者采用抽象化的点作为社交活动肢体信息刺激材料, 打乱的运动点作为控制条件, 进行了眼动和脑成像的研究比较。结果发现这类信息的加工受到认知能力的影响, 认知能力越低加工越困难(Rutherford & Troje, 2012), 与这些信息加工相关的脑区激活有梭状回(Fusiform gyrus)、杏仁核(Amygdala)、顶下皮质(Inferior parietal cortex)、颞上沟(Superior temporal sulcus)以及社交动机奖赏相关的脑区比如: 眶额叶(Orbitofrontal cortex)、脑岛(Insula)、壳核(Putamen)、苍白球(Pallidum)及纹状体(Ventral striatum) (Rutherford & Troje, 2012; Jack et al., 2017)。对于眼动方面的结果存在不一致的报告, 有研究指出 ASD 个体对社会性生物肢体信息有更多注视(Rutherford & Troje, 2012), 但也有没有发现显著结果的研究(Kou et al., 2019)。该研究方法虽然一定程度上控制了额外因素(比如: 面孔、背景等)对姿势语言加工的影响, 但由于该刺激材料生态效度低在结论的推广和可信度上也受到了一些限制。

综上, 目前缺乏研究客观地探索社交情境中 ASD 个体加工奖赏肢体语言信息时是否有行为及脑机制的异常。所以, 目前急需以真实的动态社交奖赏描述性姿势作为刺激材料, 进行客观的行为(比如: 眼动追踪)以及神经信号的探索。

2.1.3 社交定向加工异常标记

由于认知资源的有限, 个体会在注意系统中首先加工对于自身具有重要意义的信息。由于社会性刺激天然对人具有重要意义, 所以个体会自主的觉察和关注找寻周围环境中的社会性元素, 这一能力称为社交定向(Dawson et al., 2004)。在已有关于社会性定向的研究中主要采用视觉搜索(社会性刺激与非社会性刺激材料视觉注意搜索范式) (Chita-Tegmark, 2016; Frazier et al., 2018; Pierce et al., 2016; Kou et al., 2019)探索 ASD 个体对于社会性刺激与非社会性刺激的差异, 也有别的研究采用点探测、空间线索、情绪 Stroop、视觉注意搜索范式(Fan et al., 2020; 范晓壮 等, 2020)探索 ASD 个体对不同情绪面孔的注意偏向。在已有的研究中(Kou et al., 2019; Frazier et al., 2018)比较了不同视觉搜索范式, 结果支持 Pierce 等(2016)研究中使用的变幻的几何图对比跳舞的人这一视觉搜索范式具有较好的信度与区分度(Kou et al., 2019; Frazier et al., 2018)。因此, 本研究继续使用已有研究范式进行社会定向的探索。

综上, 对愉悦情绪面孔加工、奖赏姿势语言及社会定向(社会性 vs.非社会性注意资源分配)这三方面的客观指标的考察都是研究 ASD 个体社交动机的重要内容。同时基于各指标系统考察元素间的关系, 结合眼动及近红外技术同时联合临床症状, 不仅可以验证 ASD 个体社交奖赏加工是否存在功能失调, 还可以基于此开发针对 ASD 个体奖赏异常的干预方法。

2.2 潜在干预方法——奖赏习得改善

2.2.1 音乐干预

早在 Kanner 医生对 ASD 这一疾病进行最初描述的时候就提出, 诸多 ASD 儿童对于音乐普遍存在特殊的偏好(Kanner, 1943), 后续研究者就抓住这个特点采用音乐这一工具通过不同的方式对 ASD 个体进行干预, 音乐相关的干预手段发展距今已有较长的历史(Reschke-Hernández, 2011)。已有综述指出, 短期或中期的音乐干预可以调节 ASD 个体的社交互动、社会适应性及提高愉悦体验等功能(Geretsegger et al., 2014), 但后续较大样本的长程音乐干预(超过 5 个月)没有发现对 ASD 个体的核心社交症状改变的结论(即: ADOS 与 SRS 社交维度的分数得分没有显著的改变) (Bieleninik et al., 2017)。实际上, 已有研究对于音乐这一工具的应用主要集在音乐师对儿童音乐体验过程情绪及参与度的调节, 从而调节社交等功能, 尚没有尝试抓住 ASD 儿童对音乐有偏爱这一特点, 将其作为奖赏物联合其他方法进行奖赏习

得的干预方式。

2.2.2　奖赏强化习得行为干预

条件性眼动注视音乐奖励干预(Gaze-Contingent Music Reward Therapy：GC-MRT)通过将音乐作为强化物诱导社交焦虑患者对情绪面孔中中性面孔的感知，减少对威胁性面孔情绪的偏差性感知(Lazarov et al., 2017)。早期该干预方法用在对社交焦虑患者的负面情绪加工偏向干预(Lazarov et al., 2017)。该干预范式的核心干预理念为：通过音乐作为强化物诱导社交焦虑患者对情绪面孔中中性面孔的感知，减少对威胁性面孔情绪的偏向性感知。具体而言，当社交焦虑患者的眼动信号关注到情绪面孔矩阵中中性图片时，患者便会听到自己喜欢的音乐作为奖赏，但若患者关注到情绪面孔矩阵中的威胁性(恐惧或生气)情绪面孔，音乐便不会播放。研究证实，该强化学习范式能成功地转移社交焦虑患者群体对负面情绪面孔的感知和注意。该团队后续利用类似的范式在抑郁症群体上开展的行为干预，也证实该方法能成功地转移抑郁病患者对于负面情绪面孔的感知和加工，强化对于中性面孔的注意和感知(Shamai-Leshem et al., 2021)。由于社交焦虑、抑郁与自闭症之间对于情绪面孔加工都存在有异于常人的觉察和体验方式，已有研究证实了该范式在病人群体的简单可操作化和有效性。但此范式对情绪的觉察强化还主要停留在消除对负性面孔情绪的觉察和加工维度，尚未关注对正性情绪的强化与诱导。目前也还没有研究者将该范式应用到 ASD 领域的干预探索中。因此，借鉴该强化理念，强化 ASD 患者对社会性刺激尤其是社会性奖赏刺激的感知，将是改善 ASD 个体社交奖赏的重要干预探索思路。

3　研究构想

在此，关注 ASD 个体社交功能开启的重要心理元素社交动机，采用两个具体研究对其异常标记及干预方法进行探索。研究 1 围绕探索 ASD 个体的社交奖赏以及社交定向过程的眼动特征及神经标记问题，通过社交奖赏以及社交定向范式的完成考察 ASD 儿童与 TD 组儿童在社交奖赏以及社交定向阶段的差异性标记；研究 2 基于差异性标记探索改编版条件性眼动注视音乐奖励干预(GC-MRT-R)对社交奖赏强化习得行为干预的效应。本项目的研究流程图如图 1。

3.1　ASD 与 TD 之间的社交动机差异标记

研究 1 为组间实验设计(ASD vs.TD)，旨在探索两组在社交奖赏差异方面的眼动行为指标及神

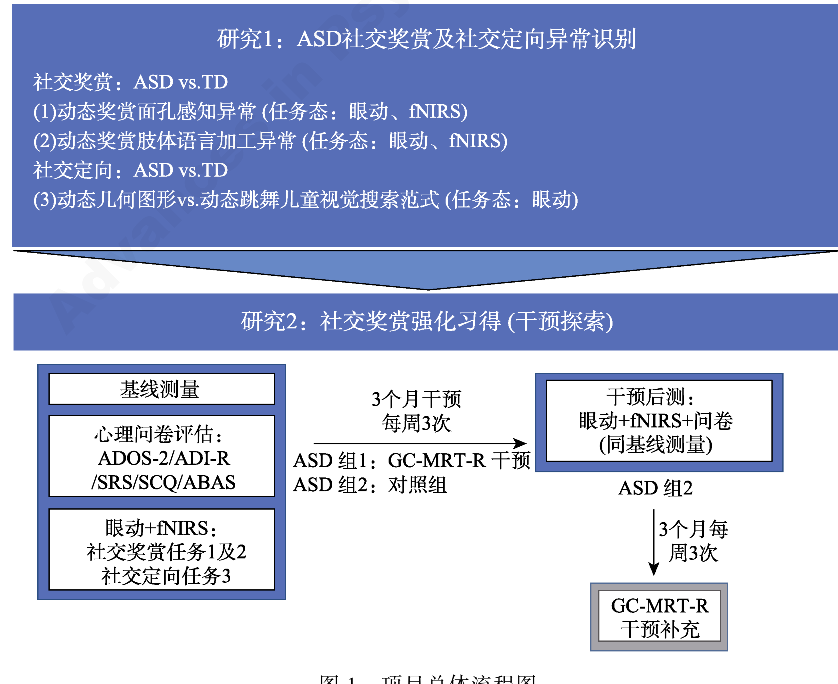


图 1　项目总体流程图

经异常标记。招募两组受试者，一组为 2.5~6 岁 ASD 儿童，另一组为年龄、性别等匹配的健康对照组儿童，经临床医生诊断后，受试者完成心理评估、动态奖赏面孔加工及动态共享愉悦体验任务，TD 组也需要完成相应心理评估、动态奖赏面孔加工及动态共享愉悦体验任务。本研究关注的因变量包括：(1)眼动追踪指标：动态奖赏面孔感知任务中不同面孔感兴趣区(眼睛、鼻子、嘴巴以及面孔整体)眼动注意时长、注视次数及瞳孔直径变化；动态愉悦体验任务：社会性奖赏对象(如：愉悦面孔及肢体)与非社会奖赏刺激(如：玩具)动态过程的注视时长、注视次数及瞳孔直径及变化值；(2)神经维度上，根据眼动数据差异值对应的时间阶段，眶额叶脑区的激活值；(3)ADOS-2、ADI-R 及其他家长填写问卷评定社交症状维度上的得分。

3.1.1 受试者招募

该项目研究 1 计划从成都市某医院招募 45 名学前期幼龄 ASD 儿童受试者，并在某大学附属幼儿园招募年龄、性别等匹配的 45 名健康对照组儿童。该样本量由 G-Power 预先估算，检验中等效应量(d = 0.6)组间差异(双侧 t 检验 α = 0.05)可以达到 80%的统计检验力(1−β)。临床医生需首先依据 ASD 儿童临床症状表现给出自闭症谱系障碍患病诊断，且患者无共病的身体疾病或其他精神疾病，未接受过药物治疗。临床医生的诊断标准主要依据美国精神障碍诊断手册第五版(DSM-5)。其次本项目，心理学研究人员还将用 ADI-R 和 ADOS-2 对患者患病情况进行再一次确认，同时报告患者患病的严重程度得分。根据年龄和儿童的语言水平，ADOS-2 评估预计会用到 3 个模块，分别为模块 T，模块 1 和模块 2。尽管不同的受试者所用的模块可能不同，但是三个不同的模块都有其对应的常模作为参考，因此拥有统一可信的评判标准。

3.1.2 心理评估测量

研究 1 中 TD 组和 ASD 儿童需要完成 ADOS-2 心理评估，看护人需要完成一系列的评估，包括自闭症诊断访谈修订版(Autism Diagnostic Interview-Revised, ADI-R) (Rutter et al., 2003)，社会性反应量表第二版(Social Responsiveness Scale 2nd edition, SRS-2) (Constantino & Gruber, 2012)，照料者压力问卷(Caregiver Strains Questionnaire, CSQ) (Brannan et al., 1997)，社交沟通问卷(Social Communication Questionnaire, SCQ) (Rutter et al., 2003)，以及适应性行为评定量表第二版(Adaptive Behavior Assessment System-2, ABAS-2) (Oakland & Harrison, 2011)。研究 2 中，两组 ASD 儿童在前后测中均需要完成 ADOS-2，看护人完成 ADI-R, SRS-2, CSQ 以及 ABAS-2。

3.1.3 刺激材料

1)动态奖赏面孔

研究 1 实验 1 中需要使用陌生人、实验评估人员(ADOS-2 评估人员)及受试者母亲的中性面孔动态变化到愉悦表情的视频刺激材料(每段 4 秒钟)，所有采集的视频材料均为白色背景，以排除其他背景刺激的干扰。刺激材料收集齐后，由独立的不参加后续实验的受试者进行唤醒度和愉悦度的评定，以确保陌生人、实验评估人员及受试者母亲的愉悦面孔视频在愉悦度和唤醒度上没有差异。由于在干预前和干预后需要进行两次评定，因此，需准备两套匹配唤醒度和愉悦度的刺激材料。所以，所有实验受试者将会有实验评估人员 8 段和陌生人 8 段的愉悦动态表情视频材料，每名受试者母亲的愉悦动态表情视频 4 段。

2)动态奖赏肢体语言

研究 1 实验 2 中需要使用陌生人、实验评估人员(ADOS-2 评估人员)及受试者母亲的中性面孔及肢体语言动态变化到愉悦表情及表扬信息肢体语言(鼓掌、举起大拇指等)的视频刺激材料(每段 4 秒钟)，所有采集的视频材料均为白色背景，以排除其他背景刺激的干扰。刺激材料收集齐后，由独立的不参加后续实验的受试者进行唤醒度和愉悦度的评定，以确保陌生人、实验评估人员及受试者母亲的愉悦面孔视频在愉悦度和唤醒度上没有差异。由于在干预前和干预后需要进行两次评定，因此，需准备两套匹配唤醒度和愉悦度的刺激材料。所以，所有实验受试者将会有实验评估人员 8 段和陌生人 8 段的愉悦动态表情视频材料，还需要每名受试者母亲的愉悦动态表情视频 4 段。

3)动态变幻几何图形与动态跳舞儿童

研究 1 实验 3 中采用已有研究中比较不同范式后得出的三个经典范式中最优的一个，即动态变幻几何图形对比动态跳舞儿童视觉自由搜索任务中的视频刺激材料，进行视觉自由观看搜索任务。两种视频材料各 60 秒，刺激材料来自于已有

研究, 两段视频并排出现在屏幕的左右(组间进行位置平衡) (Kou et al., 2019)。

3.2 音乐强化学习干预对 ASD 异常社交奖赏的调节

由于对音乐喜爱程度是本干预成功与否的核心, 因此 ASD 受试者参与实验前, 需进行严格的控制与筛选。本研究首先对简版音乐偏好量表(Short Test of Music Preferences, STOMP) (Rentfrow & Gosling, 2003)进行中文翻译及修订。基于修订后的中文量表, ASD 儿童照料人观察儿童后填写 STOMP 量表信息, 根据量表得分对受试者进行筛选(问卷得分的前 30%的 ASD 儿童参与干预)。该量表包含照料人报告的 ASD 儿童对不同类型音乐的偏好类型以及强度, 此外同时收集 ASD 儿童照料人列出的儿童喜爱的具体音乐曲目, 作为干预中强化的材料。

研究 2 为混合实验设计, 该研究基于研究 1 的有效标记, 探索 ASD 组的行为干预效应 2 (GC-MRT-R 干预、对照组) × 2 (干预前、干预后)。干预方案为条件性眼动注视音乐奖励干预改编版(GC-MRT-R), 每周 3 次(两次干预至少间隔 1 天), 每次 30 分钟, 共持续 12 周。量表筛选合格后的受试者被随机分配一半为实验组。该组受试者需要先进行基线测量, 然后完成行为干预 GC-MRT-R 任务, 最后进行干预后测。另外一半 ASD 儿童为对照组, 进行基线测量后没有奖赏习得训练任务, 只需要听跟实验组相同时间长度的音乐, 3 个月(12 周)后进行后测。为了弥补对照组没有接受到 GC-MRT-R 行为干预这一损失, 根据每位受试者监护人的需求情况, 在干预后测结束后, 可给予为期 3 个月(12 周)的 GC-MRT-R 行为干预补充(详细项目流程图见图 1)。研究 2 的实验因变量同研究 1, 根据研究 1 的因变量指标比较前后测不同的组间差异以及组间变化差异。研究 2 计划从成都某医院招募 90 名学前期幼龄自闭症儿童受试者, 招募的初步筛查要求与研究 1 中 ASD 个体招募要求类似, 仅需要额外告知受试者监护人与行为干预相关的具体情况及任务要求。该样本量由 G-Power 预先估算, 两因素交互效应检验中等效应量(η^2 = 0.06)的差异(α = 0.05)可以达到 97%的统计检验力(1−β)。所有受试者均需要满足自愿参加的原则, 参加前需签署知情同意书。所有实验项目均提前进行伦理委员会的伦理审核及备案。

4 理论建构

ASD 个体的主要症状表现为持续性的社交缺陷和重复性刻板行为或兴趣(American Psychiatric Association, 2013)。对于社交缺陷和重复刻板兴趣这一核心症状的成因的解释, 已有研究者提出了社交动机这一理论观点。社交动机理论对已有的社交认知缺陷理论提出了质疑, 关注到社交动机的作用。理论认为 ASD 个体的社交动机缺失是产生后续社会认知障碍的原因, 近年来受到国内外研究者的高度关注。研究者从社交动机缺陷的不同角度对 ASD 这一障碍的机制进行解释(徐慧, 王滔, 2022; 王磊 等, 2021; Keifer et al., 2019; Chevallier, Kohls, et al., 2012; Clements et al., 2018), 在对于此理论的解释时不同研究者间存在相似相重叠的构想, 又存在着不同的观点(Chevallier, Kohls, et al., 2012; Keifer et al., 2019)。针对此理论目前成分不清晰, 结构不明确的现象, 本研究整合已有理论解释, 提出了新的理论框架。该框架中包含社交奖赏(趋向及喜好)、社交定向、社交奖赏习得强化以及社交维持及习惯形成这 4 个主要方面。在此理论框架中假设社交奖赏与社交定向存在相互影响和调节的作用, 社交定向与社交奖赏习得与强化存在相互作用, 社交奖赏对社交奖赏习得强化也存在互相影响; 这三者的总和最后决定了社交维持及习惯的养成, 同时由于社交维持及习惯养成也会反作用于前三者之间的关系(习惯的形成有可能会增强社交奖赏体验, 促进社交定向等) (详细关系图见图 2)。”

本研究项目的主要工作就是探索本理论模型中 ASD 儿童早期社交奖赏异常的行为表现及其神经机制; ASD 儿童的社交定向异常行为表现; 探索 ASD 儿童对非社会性刺激的兴趣爱好(音乐)是否能通过奖赏强化习得的方式(采用条件性眼动注视音乐奖励干预范式)进行注意及兴趣的转移, 即用音乐作为强化物对社会性刺激进行强化习得的学习训练, 通过改善他们的社交动机缺乏和动机异常, 最后改善社交行为和习惯。探索验证该模型是否是动态变化的过程。

研究 1 通过 3 个实验范式关注 ASD 儿童的社交奖赏及社交定向的行为指标或脑机制。由于, 普通人天然对社会性刺激存在(相较于非社会性刺激)更强的奖赏性体验(Lin et al., 2012), ASD 个

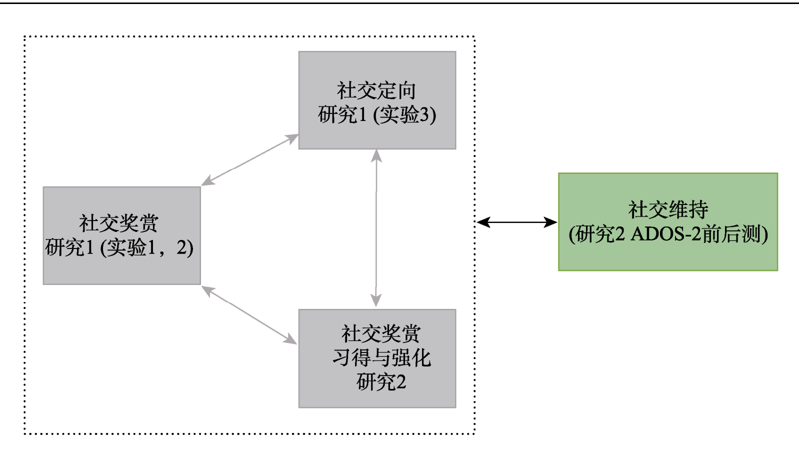


图 2 社交动机理论框架图

体对社会性刺激的神经奖赏异常，因此会减少他们对社会性刺激的关注(Dawson & Bernier, 2007)，也就表现为 ASD 个体存在社交动机缺乏的现象。综述报告指出在奖赏趋向(Wanting)与奖赏喜好(Liking)加工中涉及的主要异常脑区为额叶纹状体环路(眶额–纹状体–杏仁核神经回路)(Chevallier, Kohls, et al., 2012; Clements et al., 2018)。因此可预期：与健康儿童(TD)相比，ASD 儿童在观看社会奖赏视频面孔及肢体语言视频时，前额叶(主要是眶额叶脑区)奖赏相关脑区激活显著更弱，表现在行为上对面孔信息(社会性刺激)的注视时长更短、注视次数更少、瞳孔放大程度更小(Kou et al., 2019; Sepeta et al., 2012)，与他们观看非社会性刺激时的差异不显著。且 ADOS-2、ADI-R 及其他他评问卷社交症状维度上的得分与其在行为及神经层面上体现的社交动机缺乏相关显著，即 ASD 儿童的症状越严重、其社交奖赏的缺失程度越大。

基于研究 1 识别出 ASD 儿童的社交奖赏及社交定向异常的指标后，进一步着手改善他们的这种动机缺乏便是下一个亟待解决的问题。在研究 2 中，我们期望 ASD 儿童在经过条件性眼动注视音乐奖励干预(GC-MRT)后，能在眼动指标、神经生理指标、ADOS-2、ADI-R 等他评问卷的分数上均有显著改善。从循证的角度，进一步验证这一群体确为社会动机缺乏，且能通过一定的非物质奖赏的方式予以学习强化。条件性眼动注视音乐奖励干预(GC-MRT)可以有效降低社交焦虑患者和抑郁症患者对负面情绪面孔的感知和注意。强化对于中性面孔的注意(Lazarov et al., 2017; Shamai-Leshem et al., 2021)。与焦虑症、抑郁症患者对消极情绪刺激(负面情绪面孔)过于敏感类似，ASD 个体对非社会性刺激比对社会性刺激更为敏感，并且这种对社会性刺激的奖赏缺失是特异的，对于非社会性刺激的奖赏并没有缺失(Chevallier, Kohls, et al., 2012; Lin et al., 2012)。那么这种在焦虑症、抑郁症患者群体中证实有效的方法能否迁移到自闭症群体？通过干预降低他们对非社会性刺激的感知，增强他们对社会性刺激的注意呢？如果能成功转换，建立“社会性–音乐奖赏”联结，也就能增强 ASD 儿童的社交动机，从而能够同时改善行为和神经生理表现。由于 ASD 个体对社会性刺激奖赏缺失的特异性也是存在争议的，部分研究者认为 ASD 个体拥有广泛的奖赏缺失，而不仅仅是在社会性刺激上(Kohls et al., 2014; Clements et al., 2018)。所以，如果 ASD 个体对几乎所有事物的奖赏都是缺失的，那么研究 2 也许会得出音乐奖励干预并不能改善 ASD 个体的社交奖赏异常，则可能提示社交动机理论需要进一步修正。

本研究项目在丰富和验证社交动机理论上具有重要意义，同时对于 ASD 的生物标记建立和干预方法的丰富方面均存在一定的现实价值和创新价值。首先，以往对于 ASD 个体社交缺陷脑机制探索的研究参与者大多为高功能 ASD 个体，而本研究计划纳入各种类型的低龄 ASD 个体。因此本项目对 ASD 个体社交奖赏脑机制的探索在一定程度上能提供一个更全面的动态的视角，从多个维度探索影响社交动机的关键，是对社交动机理论的一项重要的论证及补充，有助于对该疾病的进一步理解，以及为临床诊断提供新的标记，为

临床干预和治疗提供思路。其次，本研究项目以ASD 学龄前儿童为研究对象，采用双盲实验设计的方式，同时结合研究人员评定、客观眼动指标及神经信号标记等客观指标，探索疾病的诊断及干预预后的效果标记，比以往仅仅依赖患者父母或老师的主观、他评指标更可靠，更有说服力。最后，本研究项目以自闭症谱系障碍的社交动机为研究内容，强调探索增强 ASD 个体的积极情感获得及体验的方式从而增强 ASD 个体的社会性，而非一味强调消除消极问题行为。除此之外，本研究所用的行为干预奖赏习得方法，若是奖赏强化干预有效，可以在心理学研究者的帮助下长期的持续性起作用，费用低廉，对于患者家庭更易接受。

参考文献

范晓壮, 毕小彬, 谢宇, 贺荟中. (2020). 高功能自闭症个体对威胁性情绪面孔的注意偏向. *心理科学进展*, *28*(7), 1172–1186.

潘威, 陈巍, 汪寅, 单春雷. (2016). 自闭症碎镜理论之迷思: 缘起、问题与前景. *心理科学进展*, *24*(6), 958–973.

王磊, 贺荟中, 毕小彬, 周丽, 范晓壮. (2021). 社会动机理论视角下自闭症谱系障碍者的社交缺陷. *心理科学进展*, *29*(12), 2209–2223.

徐慧, 王滔. (2022). 自闭症谱系障碍个体的社会动机缺陷. *心理科学进展*, *30*(5), 1050–1061.

Abrams, D. A., Lynch, C. J., Cheng, K. M., Phillips, J., Supekar, K., Ryali, S., Uddin, L. Q., & Menon, V. (2013). Underconnectivity between voice-selective cortex and reward circuitry in children with autism. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(29), 12060–12065.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders:* DSM-5TM. Washington, DC: American Psychiatric Publishing.

Andreou, M., & Skrimpa, V. (2020). Theory of mind deficits and neurophysiological operations in autism spectrum disorders: A review. *Brain Sciences*, *10*(6), Article 393.

Bates, E., Camaioni, L., & Volterra, V. (1975). The acquisition of performatives prior to speech. *Merrill-Palmer Quarterly of Behavior and Development*, *21*(3), 205–226.

Bieleninik, Ł., Geretsegger, M., Mössler, K., Assmus, J., Thompson, G., Gattino, G., ... Team, T.-A. S. (2017). Effects of improvisational music therapy vs enhanced standard care on symptom severity among children with autism spectrum disorder: A randomized clinical trial. *JAMA*, *318*(6), 525–535.

Bottini, S. (2018). Social reward processing in individuals with autism spectrum disorder: A systematic review of the social motivation hypothesis. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *45*, 9–26.

Bradshaw, J., Koegel, L. K., & Koegel, R. L. (2017). Improving functional language and social motivation with a parent-mediated intervention for toddlers with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *47*(8), 2443–2458.

Brannan, A. M., Heflinger, C. A., & Bickman, L. (1997). The Caregiver Strain Questionnaire: Measuring the impact on the family of living with a child with serious emotional disturbance. *Journal of Emotional and Behavioral Disorders*, *5*(4), 212–222.

Capone, N. C., & McGregor, K. K. (2004). Gesture development: A review for clinical and research practices. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *47*(1), 173– 186.

Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodkin, E. S., & Schultz, R. T. (2012). The social motivation theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(4), 231–239.

Chevallier, C., Molesworth, C., & Happé, F. (2012). Diminished social motivation negatively impacts reputation management: Autism spectrum disorders as a case in point. *PloS One*, *7*(1), Article e31107.

Chiarotti, F., & Venerosi, A. (2020). Epidemiology of autism spectrum disorders: A review of worldwide prevalence estimates since 2014. *Brain Sciences*, *10*(5), Article 274.

Chita-Tegmark, M. (2016). Social attention in ASD: A review and meta-analysis of eye-tracking studies. *Research in Developmental Disabilities*, *48*, 79–93.

Choi, U.-S., Kim, S.-Y., Sim, H. J., Lee, S.-Y., Park, S.-Y., Jeong, J.-S., Seol, K. I., Yoon, H.-W., Jhung, K., Park, J.-I., & Cheon, K.-A. (2015). Abnormal brain activity in social reward learning in children with autism spectrum disorder: An fMRI study. *Yonsei Medical Journal*, *56*(3), 705–711.

Clements, C. C., Zoltowski, A. R., Yankowitz, L. D., Yerys, B. E., Schultz, R. T., & Herrington, J. D. (2018). Evaluation of the social motivation hypothesis of autism: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, *75*(8), 797–808.

Constantino, J. N., & Gruber, C. P. (2012). *Social responsiveness scale: SRS-2*. Torrance, CA: Western psychological services.

Crais, E., Douglas, D. D., & Campbell, C. C. (2004). The intersection of the development of gestures and intentionality. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *47*(3), 678–694.

Damiano, C. R., Cockrell, D. C., Dunlap, K., Hanna, E. K., Miller, S., Bizzell, J., … Dichter, G. S. (2015). Neural mechanisms of negative reinforcement in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, *7*(1), 12–22.

Dawson, G., & Bernier, R. (2007). Development of social brain circuitry in autism. In D. Coch, G. Dawson, & K. W. Fischer (Eds.), *Human behavior, learning, and the developing brain: Atypical development* (pp. 28–55). New York: The Guilford Press.

Dawson, G., Toth, K., Abbott, R., Osterling, J., Munson, J., Estes, A., & Liaw, J. (2004). Early social attention impairments in autism: Social orienting, joint attention, and attention to distress. *Developmental Psychology*, *40*(2), 271–283.

Dayan, P., & Berridge, K. C. (2014). Model-based and model-free Pavlovian reward learning: revaluation, revision, and revelation. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, *14*(2), 473–492.

Dichter, G. S., Richey, J. A., Rittenberg, A. M., Sabatino, A., & Bodfish, J. W. (2012). Reward circuitry function in autism during face anticipation and outcomes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(2), 147–160.

Dubey, I., Ropar, D., & Hamilton, A. F. D. (2015). Measuring the value of social engagement in adults with and without autism. *Molecular Autism*, *6*(1), Article 35.

Elsabbagh, M., Mercure, E., Hudry, K., Chandler, S., Pasco, G., Charman, T., … Johnson, M. H. (2012). Infant neural sensitivity to dynamic eye gaze is associated with later emerging autism. *Current Biology*, *22*(4), 338–342.

Fan, X. Z., Duan, Y. W., Yi, L. X., & He, H. Z. (2020). Attentional bias toward threatening emotional faces in individuals with autism spectrum disorder: A meta-analysis on reaction time tasks. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *78*, Article 101646.

Frazier, T. W., Klingemier, E. W., Parikh, S., Speer, L., Strauss, M. S., Eng, C., Hardan, A. Y., & Youngstrom, E. A. (2018). Development and validation of objective and quantitative eye tracking-based measures of autism risk and symptom levels. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *57*(11), 858–866.

Geretsegger, M., Elefant, C., Mössler, K. A., & Gold, C. (2014). Music therapy for people with autism spectrum disorder. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (6), Article CD004381.

Grelotti, D. J., Klin, A. J., Gauthier, I., Skudlarski, P., Cohen, D. J., Gore, J. C., Volkmar, F. R., & Schultz, R. T. (2005). fMRI activation of the fusiform gyrus and amygdala to cartoon characters but not to faces in a boy with autism. *Neuropsychologia*, *43*(3), 373–385.

Itskovich, E., Zyga, O., Libove, R. A., Phillips, J. M., Garner, J. P., & Parker, K. J. (2021). Complex interplay between cognitive ability and social motivation in predicting social skill: A unique role for social motivation in children with autism. *Autism Research*, *14*(1), 86–92.

Iverson, J. M., & Goldin-Meadow, S. (1998). Why people gesture when they speak. *Nature, 396*(6708), 228–228.

Jack, A., Keifer, C. M., & Pelphrey, K. A. (2017). Cerebellar contributions to biological motion perception in autism and typical development. *Human Brain Mapping*, *38*(4), 1914–1932.

Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child, 2*(3), 217–250.

Keifer, C. M., Dichter, G. S., McPartland, J. C., & Lerner, M. D. (2019). Social motivation in autism: Gaps and directions for measurement of a putative core construct. *Behavioral and Brain Sciences*, *42*, Article e95.

Kim, A. J., & Anderson, B. A. (2020). Neural correlates of attentional capture by stimuli previously associated with social reward. *Cognitive Neuroscience*, *11*(1-2), 5–15.

Kohls, G., Antezana, L., Mosner, M. G., Schultz, R. T., & Yerys, B. E. (2018). Altered reward system reactivity for personalized circumscribed interests in autism. *Molecular Autism*, *9*(1), 1–12.

Kohls, G., Peltzer, J., Schulte-Rüther, M., Kamp-Becker, I., Remschmidt, H., Herpertz-Dahlmann, B., & Konrad, K. (2011). Atypical brain responses to reward cues in autism as revealed by event-related potentials. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *41*(11), 1523–1533.

Kohls, G., Schulte-Rüther, M., Nehrkorn, B., Müller, K., Fink, G. R., Kamp-Becker, I., … Konrad, K. (2013). Reward system dysfunction in autism spectrum disorders. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *8*(5), 565–572.

Kohls, G., Yerys, B., & Schultz, R. T. (2014). Striatal development in autism: repetitive behaviors and the reward circuitry. *Biological Psychiatry*, *76*(5), 358–359.

Kou, J., Le, J., Fu, M., Lan, C., Chen, Z., Li, Q., Zhao, W. H., Xu, L., Becker, B., & Kendrick, K. M. (2019). Comparison of three different eye‐tracking tasks for distinguishing autistic from typically developing children and autistic symptom severity. *Autism Research*, *12*(10), 1529–1540.

Lawrence, K. E., Hernandez, L. M., Eilbott, J., Jack, A., Aylward, E., Gaab, N., … Wolf, J. (2020). Neural responsivity to social rewards in autistic female youth. *Translational Psychiatry*, *10*(1), 178–189.

Lazarov, A., Pine, D. S., & Bar-Haim, Y. (2017). Gaze-contingent music reward therapy for social anxiety disorder: a randomized controlled trial. *American Journal of Psychiatry*, *174*(7), 649–656.

Li, N., Chen, G., Song, X., Du, W., & Zheng, X. (2011). Prevalence of autism-caused disability among Chinese children: A national population-based survey. *Epilepsy & Behavior*, *22*(4), 786–789.

Lin, A., Rangel, A., & Adolphs, R. (2012). Impaired learning of social compared to monetary rewards in autism. *Frontiers in Neuroscience*, *6*, Article 143.

Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P., Risi, S., Gotham, K., & Bishop, S. (2012). *Autism diagnostic observation schedule-2nd edition* (ADOS-2) (p.284). Los Angeles, CA: Western Psychological Corporation.

Oakland, T., & Harrison, P. L. (Eds). (2011). *Adaptive behavior assessment system-II: Clinical use and interpretation*. Academic Press.

Pierce, K., Marinero, S., Hazin, R., Mckenna, B., & Barnes, C. C. (2016). Archival report eye tracking reveals abnormal visual preference for geometric images as an early biomarker of an autism spectrum disorder subtype associated with increased symptom severity. *Biological Psychiatry*, *9*, 1–10.

Rentfrow, P. J., & Gosling, S. D. (2003). The do re mi's of everyday life: the structure and personality correlates of music preferences. *Journal of Personality and Social Psychology*, *84*(6), 1236–1256.

Reschke-Hernández, A. E. (2011). History of music therapy treatment interventions for children with autism. *Journal of Music Therapy*, *48*(2), 169–207.

Russell, G., Mandy, W., Elliott, D., White, R., Pittwood, T., & Ford, T. (2019). Selection bias on intellectual ability in autism research: A cross-sectional review and meta-analysis. *Molecular Autism*, *10*(1), 1–10.

Rutter, M., LeCouteur, A., & Lord, C. (2003). Autism diagnostic interview-revised. *Los Angeles, CA: Western Psychological Services*, *29*(2003), 30.

Rutherford, M. D., & Troje, N. F. (2012). IQ predicts biological motion perception in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(4), 557–565.

Sato, W., Sawada, R., Uono, S., Yoshimura, S., Kochiyama, T., Kubota, Y., Sakihama, M., & Toichi, M. (2017). Impaired detection of happy facial expressions in autism. *Scientific Reports*, *7*(1), 13340.

Scheeren, A. M., Banerjee, R., Koot, H. M., & Begeer, S. (2016). Self-presentation and the role of perspective taking and social motivation in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 46*(2), 649–657.

Scott-Van Zeeland, A. A., Dapretto, M., Ghahremani, D. G., Poldrack, R. A., & Bookheimer, S. Y. (2010). Reward processing in autism. *Autism Research, 3*(2), 53–67.

Sepeta, L., Tsuchiya, N., Davies, M. S., Sigman, M., Bookheimer, S. Y., & Dapretto, M. (2012). Abnormal social reward processing in autism as indexed by pupillary responses to happy faces. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, *4*(1), Article 17.

Shamai‐Leshem, D., Lazarov, A., Pine, D. S., & Bar‐Haim, Y. (2021). A randomized controlled trial of gaze‐contingent music reward therapy for major depressive disorder. *Depression and Anxiety*, *38*(2), 134–145.

Stavropoulos, K. K. M., & Carver, L. J. (2013). Research review: Social motivation and oxytocin in autism – Implications for joint attention development and intervention. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *54*(6), 603–618.

Sun, X., Allison, C., Wei, L., Matthews, F. E., Auyeung, B., Wu, Y. Y., … Brayne, C. (2019). Autism prevalence in China is comparable to Western prevalence. *Molecular Autism*, *10*(1), 7–25.

Treadway, M. T., Buckholtz, J. W., Schwartzman, A. N., Lambert, W. E., & Zald, D. H. (2009). Worth the 'EEfRT'? The effort expenditure for rewards task as an objective measure of motivation and anhedonia. *PloS One*, *4*(8), Article e6598.

Tricomi, E., Balleine, B. W., & O'Doherty, J. P. (2009). A specific role for posterior dorsolateral striatum in human habit learning. *European Journal of Neuroscience*, *29*(11), 2225–2232.

Uljarević, M., Vivanti, G., Leekam, S., & Hardan, A. Y. (2019). Challenges to the social motivation theory of autism: The dangers of counteracting an imprecise theory with even more imprecision. *Behavioral and Brain Sciences*, *42*(2019), Article e112.

Watson, K. K., Werling, D. M., Zucker, N. L., & Platt, M. L. (2010). Altered social reward and attention in anorexia nervosa. *Frontiers in Psychology*, *1*, Article 36.

Yang, D., Pelphrey, K. A., Sukhodolsky, D. G., Crowley, M. J., Dayan, E., Dvornek, N. C., … Ventola, P. (2016). Brain responses to biological motion predict treatment outcome in young children with autism. *Translational Psychiatry*, *6*(11), Article e948.

Yates, L., & Hobson, H. (2020). Continuing to look in the mirror: A review of neuroscientific evidence for the broken mirror hypothesis, EP-M model and STORM model of autism spectrum conditions. *Autism*, *24*(8), 1945–1959.

Yeung, M. K. (2021). An optical window into brain function in children and adolescents: A systematic review of functional near-infrared spectroscopy studies. *NeuroImage*, *227*, Article 117672.

Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Rogers, T., Roberts, W., Brian, J., & Szatmari, P. (2005). Behavioral manifestations of autism in the first year of life. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 23(2–3), 143–152.

The social motivation theory of autism spectrum disorder: Exploring mechanisms and interventions

KOU Juan, YANG Mengyuan, WEI Zijie, LEI Yi

(*Institute of Brain and Psychological Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu* 610000, *China*)

Abstract: Autism spectrum disorder (ASD) comprises symptoms including social communication deficits and unusual repetitive and restrictive sensory-motor behaviors. Social motivation deficits play a central role in ASD social function impairment, which has been proposed in the social motivation theory. Previous studies emphasized the necessity of exploring its components systematically and structurally, and research on early age children with ASD is rare. To produce robust behavioral hallmarks and uncover its brain mechanisms, in the current study we will explore social motivation theory's components and the relationship among them by means of eye-tracking and functional near-infrared spectroscopy tools and develop effective intervention methods using Music Reward Therapy. Thus, the findings may provide new proofs or perspectives, and new potential intervention to improve social behavior.

Keywords: autism spectrum disorder, the social motivation theory, eye-tracking, functional near-infrared spectroscopy, music reward intervention